

**“Saturació tenar d’oxigen (StO<sub>2</sub>) mesurada  
de forma no invasiva mitjançant  
l’espectroscòpia (NIRS) durant la prova de  
respiració espontània com a predictor d’èxit  
de la retirada de la ventilació mecànica.”**

Treball de recerca, juny 2010.  
Departament de Medicina.  
Universitat Autònoma de Barcelona.  
Autor: Guillem Gruartmoner de Vera.  
Director: Antonio Artigas Raventós.

## **Index**

- 1.- Resum.**
- 2.- Introducció.**
- 3.- Material i mètodes.**
- 4.- Resultats.**
- 5.- Discussió.**
- 6.- Conclusions.**
- 7.- Bibliografia.**
- 8.- Annexos.**

## 1. Resum

**Objectius:** Determinar si els canvis de la saturació tenar d'oxigen (StO<sub>2</sub>), així com les corbes de desoxigenació i reoxigenació de StO<sub>2</sub> derivades d'una maniobra d'isquèmia vascular transitòria, mesurades de forma no invasiva mitjançant l'espectroscòpia en el límit de la llum infrarroja (*Near Infra Red Spectroscopy* - NIRS), són útils com a predictors del fracàs de l'extubació en el procés de retirada de la ventilació mecànica.

**Metodologia:** Es tracta d'un estudi unicèntric prospectiu. S'han inclòs 30 pacients sotmesos a ventilació mecànica (VM) durant un mínim de 48 hores, i considerats candidats a la retirada del suport ventilatori per part del seu equip mèdic assistencial. Els pacients s'han sotmès a una prova de respiració espontània de 30 minuts. S'ha valorat la prova com a superada o no superada en base a criteris clínics preestablerts. En els pacients que han superat la prova de respiració espontània, la decisió de retirada de la VM (extubació) ha estat presa pel seu equip mèdic assistencial. S'ha considerat èxit de la retirada de la VM quan el pacient ha estat extubat i no ha requerit reinstauració de la VM en les següents 24 hores. S'han recollit dades demogràfiques, variables hemodinàmiques, ventilatòries i gasomètriques, així com la StO<sub>2</sub> mesurada mitjançant NIRS. S'han realitzat dues maniobres d'oclusió vascular de forma proximal al sensor de StO<sub>2</sub>, una basal y la segona després de 30 minuts de respiració espontània, i s'han recollit les pendents de desoxigenació i reoxigenació.

**Anàlisi estadístic:** Els grups èxit i fracàs del weaning es van comparar mitjançant el test U de Mann Whitney per les variables contínues i el test exacte de Fisher per les variables categòriques. Per analitzar la capacitat de predicció d'èxit s'utilitzarà l'anàlisi mitjançant corbes de ROC.

## 2. Introducció

La retirada de la ventilació mecànica (VM), o weaning, representa un repte important en la presa diària de decisions en les unitats de cures intensives (UCI). Es tracta d'un procés difícil en aproximadament la tercera part de pacients, i pot arribar a representar fins el 40% de la duració de la VM (1,2). Aquest procés de retirada del suport respiratori consta de dues fases ben definides: la primera, la prova de respiració espontània, i la segona, la extubació. Durant la primera fase, es sotmet al pacient a una prova de 30 minuts de respiració espontània i si, d'acord uns criteris clínics preestablerts, es considera aquesta prova superada, es pren la decisió de retirar el suport ventilatori (extubació). El fracàs de la extubació (necessitat de reinstaurar la VM) es produeix en aproximadament el 15% de pacients (1), i s'ha relacionat amb un excés de mortalitat hospitalària, un augment de la estancia mitja tant a la unitat de cures intensives (UCI) com hospitalària i a un major nombre de traqueostomies (3,4).

Múltiples estudis han evaluat la utilitat de diferents variables en la predicció de l'èxit del procés de weaning tot i que, des de un punt de vista clínic, els resultats han estat pobres (5,6).

Diversos factors fisiopatològics poden estar involucrats en el fracàs de la VM, tals com l'alteració del centre respiratori, l'intercanvi gasós inadequat, la disfunció cardiovascular, la debilitat de la musculatura respiratòria, així com factors psicològics (7). La disfunció cardiovascular es un aspecte central, ja que l'inici de la respiració espontània suposa un estrès per la bomba cardiorespiratòria, que ha d'afrontar l'augment de la demanda d'oxigen per part de la musculatura respiratòria (8,9). Això es tradueix en un augment del fluxe sanguini cap aquesta musculatura, a expenses de la disminució del fluxe que es dirigeix a altres àrees, com són el territori esplàncnic i la circulació perifèrica (10, 11). Per tant, en aquells pacients amb baixa reserva cardiovascular i que seran incapaços de mantenir la sobrecàrrega derivada del treball respiratori, caldria esperar un major grau d'hipoperfusió en les àrees no vitals. Així doncs, l'inici de la respiració espontània, representa un test d'estrès cardiovascular que determinarà si el pacient està en condicions de soportar i mantenir el treball respiratori sense la ajuda de la VM.

Hi ha pocs estudis que hagin analitzat l'impacte de la prova de respiració espontània sobre la perfusió tissular. A l'analitzar un marcador "global" d'hipòxia tissular, Jubran i col.laboradors van estudiar les variacions de la saturació mixta d'oxigen (SvO<sub>2</sub>) durant la prova de respiració espontània. Van demostrar un descens progressiu de la saturació mixta d'oxigen (SvO<sub>2</sub>) en els malalts que no superaven la prova de respiració espontània mentre que, en els que la superaven, la SvO<sub>2</sub> es mantenia (12). Aquest descens de la SvO<sub>2</sub> era degut, principalment, a una incapacitat per augmentar el transport convectiu d'oxigen (DO<sub>2</sub>). La sensibilitat (S) i especificitat (E) de la SvO<sub>2</sub> era de 1 en la predicció d'èxit de la prova de respiració espontània, pero no es va analitzar la seva potència en la predicció d'èxit de l'extubació.

Altres estudis han analitzat marcadors d'hipòxia de caràcter regional. Com ja s'ha mencionat, el llit esplàncnic es un dels territoris més sensibles a la hipoperfusió, pel que, en estudis prèvis, es va proposar la monitorització de la perfusió d'aquest territori com a element útil en diferents situacions clíniques com, per exemple, el procés del weaning. Diversos treballs van demostrar que, durant la prova de respiració espontània, aquells pacients que no superaven el test desenvolupaven hipoperfusió de la mucosa gàstrica, reflexada pel descens del pH intramucós gàstric, l'augment de la pressió del diòxid de carbó ( $pCO_2$ ) intramucosa (13-15) - ambdós obtinguts mitjançant tonometria gàstrica -, o el descens en el fluxe gàstric mesurat per fluxometria làser-Doppler (16). Arrel d'aquests resultats, la tonometria gàstrica va ser proposada com un instrument de monitorització útil en la predicció de l'èxit de la retirada de la VM. Desgraciadament, la complexitat tècnica que representa l'ús de la tonometria gàstrica, així com l'absència d'assajos clínics que incloessin un major nombre de pacients, han derivat en l'abandonament d'aquesta tècnica. Per tant, la tonometria gàstrica no s'ha integrat en el maneig habitual de la retirada de la VM.

Recentement, l'espectroscòpia en el límit de la llum infrarroja (o NIRS) s'ha validat com un bon mètode no invasiu per quantificar l'estat d'oxigenació de la musculatura esquelètica. Basant-se en l'absorció dels diferents cromòfors presents en el teixit, aquesta tècnica permet derivar la saturació d'oxigen ( $StO_2$ ) del teixit estudiat (17). En voluntaris sans, el valor normal de  $StO_2$  a la eminència tenar és  $87 \pm 6 \%$  (18). La utilitat de la tècnica en la detecció d'hipoperfusió tissular s'ha estudiat en diferents escenaris clínics, amb resultats prometedors (19-21). En models animals de xoc hemorràgic i en pacients traumàtics, s'ha descrit una bona correlació entre la  $StO_2$  i la  $SvO_2$  durant la hipotensió. De fet, en un estudi portat a terme pel nostre grup, vam trobar també una bona correlació entre la  $StO_2$  i la saturació venosa central d'oxigen ( $SvcO_2$ ) durant la ressuscitació de pacients sèptics un cop normalitzada la tensió arterial (21).

A més del valor absolut de  $StO_2$ , s'ha postulat també la utilitat d'un test dinàmic, consistent en una maniobra d'oclusió vascular transitòria (VOT), amb la fi d'obtenir les pendents de desoxigenació (DeOx) i de reoxigenació (ReOx) del teixit estudiat. Els estudis portats a terme fins el moment, suggereixen que la DeOx es correlaciona amb la taxa metabòlica del teixit, i que la ReOx reflexa la reactivitat vascular (22, 23). L'interès que ha despertat aquesta tècnica en el camp de la monitorització hemodinàmica resideix en la seva capacitat d'estudiar l'estat de perfusió dels teixits a nivell regional quan, fins el moment actual, tan sols s'ha disposat de mesures globals de l'estat d'oxigenació dels teixits de l'organisme.

La nostra hipòtesi era que en pacients crítics que es sotmeten a la prova de respiració espontània i no la superen, té lloc una hipoperfusió del teixit de la musculatura esquelètica degut a la redistribució de flux sanguini des de les àrees no vitals per tal de satisfer l'increment de la demanda d'oxigen de la musculatura respiratòria. Per avaluar aquesta hipòtesi vam dur a terme el següent estudi que tenia com a objectiu analitzar si la  $StO_2$  i els canvis derivats d'una prova d'oclusió vascular transitòria durant la prova de respiració

espontània podrien ser útils en prediure l'èxit o fracàs de l'extubació en el procés de retirada de la VM.

### 3. Material i mètodes

Es tracta d'un estudi prospectiu unicèntric dut a terme a la unitat de cures intensives de l'Hospital de Sabadell (Barcelona). Aquest estudi va ser aprovat pel nostre comitè ètic institucional. Es va obtenir el consentiment informat del propi pacient o bé d'un familiar pròxim, prèviament a l'inclusió dins l'estudi.

#### 3.1. Pacients

Es van incloure pacients majors de 18 anys, que estiguessin connectats a la ventilació mecànica com a mínim durant 48 hores, i que fossin considerats preparats per valorar la retirada del suport ventilatori pel seu equip mèdic assistencial segons els criteris següents (contemplats en el protocol de retirada de suport ventilatori de la nostra unitat): recuperació parcial o completa de la causa que va provocar la insuficiència respiratòria aguda, un intercanvi gasós adequat (indicat per un ratio de pressió parcial d'oxigen -pO<sub>2</sub>- per fracció inspirada d'oxigen -FiO<sub>2</sub>- per sobre de 200, amb una pressió positiva al final de la espiració -PEEP- de menys de 5 cm H<sub>2</sub>O, temperatura central per sota 38°C, un valor d'hemoglobina per sobre 8 g/dL, i l'absència de necessitat de drogues vasoactives i/o fàrmacs sedatius.

Els criteris d'exclusió van ser: presència de traumatisme en ambdós extremitats superiors, la presència de hematoma o lesions de la pell a la eminència tenar que podrien dificultar la col·locació de la sonda de NIRS. També es van excloure pacients ingressats per dany cerebral (neuro-trauma i accidents vasculars cerebrals) que podrien donar lloc a hipoventilació d'origen central.

#### 3.2. Protocol de l'estudi

Després de la inclusió, els pacients van realitzar una prova de respiració espontània (*spontaneous breathing trial* o SBT) durant 30 minuts, podent ser aquesta o bé un test de respiració espontània amb pressió positiva continua a la via aèria (*continuous positive airway pressure* o CPAP) de 5 cm H<sub>2</sub>O, o bé un test de "tub en T", a elecció del seu equip mèdic assistencial (1). Durant la prova els pacients permaneixien en posició semi-incorporada a 45° de l'horitzontal del llit i la FiO<sub>2</sub> es mantenia constant.

Els criteris d'avaluació de la SBT van ser èxit o fracàs. El fracàs de la prova va ser definit com l'aparició d'un o més dels criteris següents durant els 30 minuts de la prova: una freqüència respiratòria major de 35 respiracions per minut durant més de 5 minuts; una freqüència cardíaca major de 140 batecs per minut o un augment mantingut de la freqüència cardíaca de més del 20% respecte el basal; una pressió arterial sistòlica major de 180 mmHg o menor de 90 mmHg, o bé l'aparició clínica d'ansietat i/o diaforèsi. La decisió de retirar el tub endotraqueal va ser presa independentment dels investigadors de l'estudi al final d'una prova de respiració espontània exitosa per part del seu equip mèdic assistencial, els quals desconeixien les dades recollides amb el dispositiu NIRS. L'*èxit del weaning* va ser definit com la tolerància a la

extubació durant més de 24 hores després d'haver passat amb èxit la prova de respiració espontània. El *fracàs del weaning* va ser definit quan la extubació no es podia dur a terme (per fracàs de la prova de respiració espontània) o bé era necessari reinstaurar la ventilació mecànica dins les primeres 24 hores després de la extubació.

### 3.3. Mesures

Es van recollir dades demogràfiques: edat, sexe, diagnòstic clínic, dies de ventilació mecànica i l'índex fisiològic agut simplificat (*simplified acute physiological score o SAPS II*).

Es van monitoritzar de forma continua variables hemodinàmiques, respiratòries i d'oxigenació, i van ser recollides en dos moments: just abans d'iniciar la prova de respiració espontània (*basal*) i al final de la prova de respiració espontània (*minut 30*).

**Estat hemodinàmic:** la freqüència cardíaca (FC), i la pressió arterial mitja (PAM) van ser recollides en ambdós moments del protocol de l'estudi (Monitor Intellivue MP 70; Phillips Medizinsystems, Boeblingen, Germany).

**Estat ventilatori:** la freqüència respiratòria (FR), el volum corrent (Vt), la ventilació per minut (VE), la fracció inspirada d'oxigen (FiO<sub>2</sub>) i la saturació arterial d'oxigen mesurada per pulsioximetria (SpO<sub>2</sub>) van ser recollides en ambdós moments del protocol de l'estudi (Monitor Intellivue MP 70; Phillips Medizinsystems, Boeblingen, Germany).

**Intercanvi gasós:** quan un catèter arterial estava disponible, es recollia una mostra de sang arterial -per determinar la tensió arterial d'oxigen (PaO<sub>2</sub>), la tensió arterial de diòxid de carbó (PaCO<sub>2</sub>), el pH i el bicarbonat- en ambdós moments del protocol de l'estudi (ABL 700 series; Radiometer Medical, Copenhagen, Denmark).

**Saturació tenar d'oxigen (StO<sub>2</sub>):** la StO<sub>2</sub> va ser recollida de forma continua i no invasiva emprant l'espectòmetre tissular InSpectra 650 (Hutchinson Tech., Hutchinson, Minnessotta). El sistema NIRS consisteix en un fotodetector, un processador i una sonda òptica de superfície de 15mm. Aquesta sonda es col·locava sobre pell intacta de la eminència tenar. Mai es va col·locar la sonda adjacent a un catèter arterial. El dispositiu NIRS recull valors de StO<sub>2</sub> cada 3 segons, de manera que es van recollir els valors mitjans durant un període de 1 minut mentre la StO<sub>2</sub> romangués estable (variabilitat per sota de 5% durant més de 30 segons).

**Maniobra d'oclusió vascular transitòria (VOT):** La VOT va ser realitzada segons prèviament havia descrit Gómez et al (19): després de una fase d'estabilització de la senyal de StO<sub>2</sub> basal (< 5% variació durant 30 segons), s'utilitza un esfingomanòmetre manual per realitzar una oclusió a nivell de l'avantbraç del pacient fins assolir valors de pressió > 30 mmHg per sobre la tensió arterial sistòlica del pacient es tardava 4-5 segons a arribar a les pressions desitjades), mantenint-se la pressió a aquest nivell fins que la StO<sub>2</sub>



decreixia fins a 40% o bé passaven 3 minuts. Un cop s'arribava al 40% de StO<sub>2</sub> es desinflava el maneguet de l'esfingomanòmetre de forma ràpida, i tenia lloc una recuperació de la StO<sub>2</sub> fins als valors prèvis a la VOT. La maniobra d'oclusió vascular transitòria es va realitzar dues vegades: en estat basal i al minut 30 de la prova de respiració espontània. Les corbes de desoxigenació i reoxigenació obtingudes per cada VOT van ser tipificades com a: DeOx basal, ReOx basal, DeOx\_30, i ReOx\_30 respectivament.

### **3.4. Anàlisi de dades**

Es va realitzar un anàlisi descriptiu a cada moment determinat de l'estudi. Les variables contínues es van expressar com a mitjes  $\pm$  desviació estàndard (SD). Es va utilitzar el test de Mann-Whitney per comparar grups de variables contínues, i el test exacte de Fisher per comparar variables categòriques. El valor predictiu de les variables mesurades per detectar l'èxit del weaning va ser calculat utilitzant una corba ROC (*receiver operator characteristic*), i l'àrea sota la corba (AUC) va ser generada (22). La significància estadística va ser definida per una  $p < 0.05$  (*two-tailed test*).

## 4. Resultats

Un total de trenta pacients van ser estudiats. Cinc pacients van fallar la SBT, i vint-i-cinc van passar la SBT amb èxit i van ser extubats. Dos dels pacients que van fallar la SBT no van aconseguir completar els 30 minuts de duració de la prova degut a l'aparició de taquipnea, volums corrents baixos i intolerància clínica (ansietat, diaforèsi), i conseqüentment es va reiniciar el suport ventilatori. Aquests dos pacients van presentar en el moment del fracàs clínic de la SBT: freqüència respiratòria elevada (36 i 32, respectivament), i valors de StO<sub>2</sub> baixos (71 i 70), sense taquicàrdia, hiper o hipotensió, o dessaturació d'oxigen arterial. Dos dels pacients que van ser extubats van requerir reinstauració de la ventilació mecànica dins les primeres 24 hores. Els grups de pacients de l'estudi es troben representats en l'Algoritme 1.

No es van trobar entre els grups de pacients diferències demogràfiques, de l'intercanvi gasós, de tensió arterial ni de paràmetres ventilatoris en el moment basal. Els pacients que van presentar fracàs del weaning tenien una freqüència cardíaca significativament inferior en el moment basal que els pacients que van presentar èxit del weaning. El valor absolut de StO<sub>2</sub> en el moment basal també va ser inferior en els pacients que van presentar fracàs del weaning, però sense que aquesta diferència arribés a tenir significació estadística ( $p$  0.06).

Les característiques principals dels pacients durant la prova de SBT es representen a la Taula 1. Després de 30 minuts de SBT, vam trobar diferències significatives en: el DeOx\_30, el DeOx ratio (DeOx\_30 / DeOx basal), i en l'índex de freqüència respiratòria partit el volum corrent (FR/Vt) entre els grups de èxit i fracàs del weaning. La freqüència respiratòria ( $p$  0.07), el volum corrent ( $p$  0.06), i la StO<sub>2</sub> ( $p$  0.07), no van arribar a presentar diferències estadísticament significatives.

El valor de StO<sub>2</sub> absolut i les mesures derivades de la VOT en cada moment de l'estudi es mostren a les figures 1-6.

### 4.1. Predicció d'èxit del weaning

Les corbes ROC analitzant l'índex FR / Vt i el DeOx ratio per prediure l'èxit del weaning van mostrar els següents resultats:

**Index FR / Vt:** AUC 0.8,  $p$  0.04. El llindar clàssic utilitzat en la pràctica clínica habitual de 100 va mostrar una sensibilitat (S) de 0.6, i una especificitat (E) de 0.9 per predir l'èxit del weaning.

**DeOx ratio (DeOx\_30 / DeOx basal):** AUC 0.88,  $p$  0.01. Un valor de DeOx ratio de 1.4 prediu l'èxit del weaning amb uns S de 0.8 i una E de 0.94. Per aquest punt, hem calculat una raó de verosimilitud positiva (likelihood ratio o LR+) de 13 i una LR negativa (LR-) de 0.2.

## 5. Discussió

Els nostres resultats suggereixen que els canvis en la taxa de desoxigenació de la musculatura esquelètica durant la prova de respiració espontània (DeOx\_30 / DeOx basal, o DeOx ratio) podria ser útil per discriminar aquells pacients que superaran el procés d'extubació amb èxit d'aquells que fracassaran. Un punt de tall de la DeOx ratio de 1.4 va mostrar una sensibilitat de 0.8 i una especificitat de 0.94 per a predir el fracàs del weaning, incloent la superació de la prova de respiració espontània i l'extubació. Aquests valors representen una raó de verosimilitud positiva (likelihood ratio, o LR+) de 13, i una LR negativa (LR-) de 0.2, i per tant, un gran impacte en la probabilitat pretest d'èxit o fracàs del procés.

Aquestes troballes suggereixen que els canvis de la StO<sub>2</sub> durant la maniobra d'oclusió vascular transitòria poden desenmascarar la hipoperfusió musculo-esquelètica deguda a la redistribució del flux sanguini en els pacients que pateixen un test de estrés cardiovascular com és una prova de respiració espontània.

El teixit perifèric se suposa que és un compartiment de curta estada pel que fa al flux sanguini. Per tant, si nosaltres patim un increment en la demanda de la nostra musculatura respiratòria, té lloc una vasoconstricció perifèrica amb la conseqüent redistribució de flux sanguini, i tot i que es mantingui l'hematocrit (i el % d'oxihemoglobina), la quantitat total d'hemoglobina en el teixit perifèric estudiat serà menor (i conseqüentment també el contingut de O<sub>2</sub>). Llavors, en l'estat d'absència de fluxe secundari a la VOT, es dona una taxa de desoxigenació més elevada (extracció de O<sub>2</sub> més elevada..). Aquest fenomen podria explicar perquè el grup de pacients amb fracàs del weaning presenta un ratio de DeOx més elevat.

### 5.1. Predictors del resultat del weaning

Diversos estudis han evaluat un gran nombre de variables per valorar la seva capacitat de predir el resultat del weaning però, des d'un punt de vista clínic, els resultats són decebedors. Només uns pocs predictors presenten un poder predictiu apreciable, i cap d'ells és molt potent. Només el ratio  $P_{0.1} / P_{I_{max}}$  sembla presentar un elevat LR (i per tant incrementant de forma important la probabilitat pre-test d'èxit del weaning). Algunes altres variables han demostrat només reduccions moderades en la probabilitat pre-test d'èxit del weaning associades a resultats negatius del test, per exemple: l'índex de respiració ràpida superficial (*rapid shallow breathing index* o RSBI); l'índex de compliància / freqüència / oxigenació / pressió (CROP); la freqüència respiratòria, el volum corrent estandaritzat al pes corporal; i la força inspiratòria negativa (*negative inspiratory force* o NIF) (6).

### 5.2. Limitacions de l'estudi

Segurament la limitació principal es troba en el fet que en l'estudi hem avaluat dos passos: la SBT i l'extubació. No sabem si la StO<sub>2</sub> i/o la DeOx seran

útils per predir el fracàs de l'extubació (aïllat), ja que ho hem valorat tot de forma conjunta.

Una altre important limitació va ser que en el nostre estudi no es va determinar la causa del fracàs del weaning en els pacients que van fracassar.

A més, es tracta d'un estudi unicèntric amb les limitacions lògiques que aquest fet implica, i si bé és cert que la pràctica clínica en aquest camp segueix un protocol preestablert, l'estudi segueix reflectint només la pràctica diària d'un nombre limitat de metges.

També cal destacar el petit tamany mostral que resta potència als resultats trobats.

## 6. Conclusions

En conclusió, hem trobat que els canvis en les corbes de desoxigenació derivades de la VOT després de una prova de respiració espontània de 30 minuts prediuen el resultat del weaning amb una elevada sensibilitat i especificitat. Per tant, la StO<sub>2</sub> i els seus canvis derivats de la VOT podrien ser eines útils per predir el resultat del weaning en un marc de pràctica clínica diària.

Cal recordar però, que no sabem si la DeOx serà útil en la detecció del fracàs de l'extubació (independentment de la SBT) com ja s'ha comentat en l'apartat de limitacions de l'estudi.

Es necessiten realitzar més estudis clínics controlats en grups de pacients més grans per corroborar aquestes troballes.

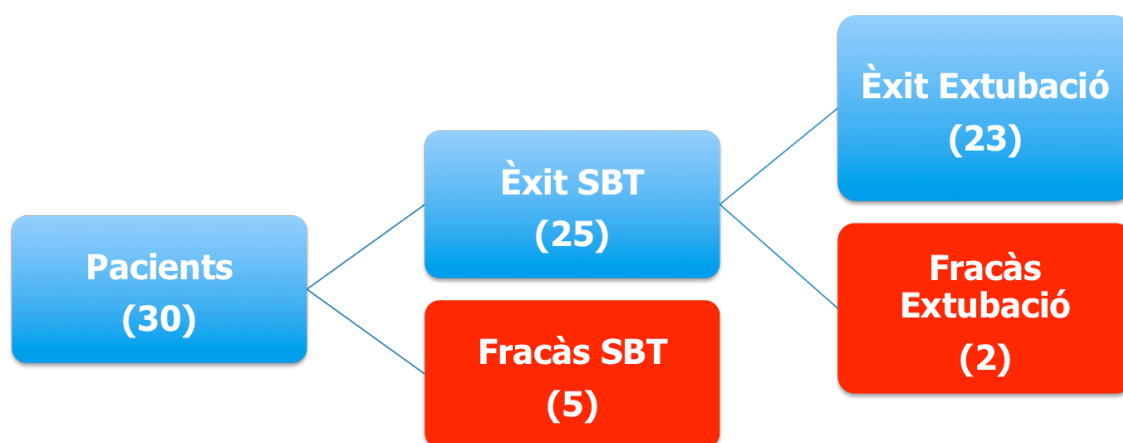
## 7. Bibliografia

- 1.- Esteban A., I. Alía, J. Ibáñez, S. Benito, M.J. Tobin, and the Spanish Lung Failure Collaborative Group. 1994. Modes of mechanical ventilation and weaning: a national survey of spanish hospitals. *Chest* 106: 1188-1193.
- 2.- Esteban A., F. Frutos, M.J. Tobin, I. Alía, J.F. Solsona, I. Valverdu, R. Fernandez, M.A. De La Cal, S. Benito, R. Tomas, D. Carriedo, S. Macias, and J. Blanco. 1995. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N. Engl. J. Med.* 332: 345-350.
- 3.- Epstein S.K., R.L. Ciubotaru, J.B. Wong. 1997. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest*.112: 186-192.
- 4.- Esteban A., I. Alia, F. Gordo, et al. 1997. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with t-tube or pressure support ventilation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 156: 459-465.
- 5.- Field S., S.M. Kelly and P.T. Macklem. 1982. The oxygen cost of breathing in patients with cardiorespiratory disease. *Am. Rev. Respir. Dis.* 126: 9-13.
- 6.- Meade M., G. Guyatt, D. Cook, L. Griffith, T. Sinuff, C. Kergl, J. Mancebo, A. Esteban, and S. Epstein. 2001. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest.* 120: 400S-424S.
- 7.- Esteban A., I. Alía. 1998. Clinical management of weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 24: 999-1008.
- 8.- Roussos C., and P.T. Macklem. 1982. The respiratory muscles. *N. Engl. J. Med.* 307: 786-797.
- 9.- Riddez L., R.G.Hahn, B. Brismar, A. Strandberg, C. Svensen, G. Hedenstierna. 1997. Central and regional hemodynamics during acute hypovolemia and volume substitution in volunteers. *Crit. Care Med.* 25: 635-640.
- 10.- Peters J., G.W. Mack, G. Lister. 2001. The importance of the peripheral circulation in critical illness. *Intensive Care Med.* 27: 1446-1458.
- 11.- Magder S., R. Erian, and C. Roussos. 1986. Respiratory muscle blood flow in oleic acid-induced pulmonary edema. *J. Appl. Physiol.* 6: 1849-1856.
- 12.- Jubran A., et al. 1998. Continuous recordings of mixed venous oxygen saturation during weaning from mechanical ventilation and the ramifications thereof. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 158: 1763-1769.
- 13.- Mohsenifar Z., A. Hay, J. Hay, M.I. Lewis, and S.K. Koerner. 1993. Gastric intramural pH as a predictor of success or failure in weaning patients from mechanical ventilation. *Ann. Intern. Med.* 119: 794-798.
- 14.- Bouachour G., M.P. Guiraud, J.P. Gouello, P.M. Roy, and P.Alquier. 1996. Gastric intramucosal pH: an indicator of weaning outcome from mechanical ventilation in COPD patients. *Eur. Respir. J.* 9: 1868-1873.
- 15.- Hurtado FJ., Beron M., Olivera W., Garrido R., Silva J., Cavagna E., Rivara D. 2001. Gastric intramucosal pH and intraluminal PCO<sub>2</sub> during weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 29(1); 70-76.
- 16.- Bocquillon N., D. Mathieu, R. Neviere, N. Lefebvre, X. Marechal, and F. Wattel. 1999. Gastric mucosal pH and blood flow during weaning from mechanical ventilation in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 160: 1555-1561.

- 17.- Boushel R. et al. 2000. Near-infrared spectroscopy for monitoring tissue oxygenation. *Acta Physiol. Scand.* 168: 615-622.
- 18.- Crookes B.A. et al. 2002. Can near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? *J. Trauma* 58: 806-816.
- 19.- Gómez H., Mesquida J., Simon P., Kim HK., Puyana JC., Ince C., Pinsky M. "Characterization of Tissue Oxygen Saturation (StO<sub>2</sub>) and the vascular occlusion test (VOT): Influence of measurement sites, probe sizes and deflation thresholds". Aceptado para comunicación en el American Thoracic Society (ATS) annual meeting. San Diego, Mayo 2009. En proceso de revisión en la revista *Crit Care*.
- 20.- Mesquida J. et al. 2006. Tissue oxygen saturation measured by NIRS in patients admitted to the intensive care unit. *Intensive Care Med.* 32: S167.
- 21.- Mesquida J., Masip J., Gili G., Artigas A., Baigorri F. 2009. Thenar oxygen saturation measured by near-infrared spectroscopy as a noninvasive predictor of low central venous oxygen saturation in septic patients. *Intensive Care Med*, jan 29 (Epub ahead of print).
- 22.- Gomez H, Torres A, Polanco P, Kim HK, Zenker S, Puyana JC, et al. 2008. Use of non-invasive NIRS during a vascular occlusion test to assess dynamic tissue O<sub>2</sub> saturation response. *Intensive Care Med* 34(9): 1600-7.
- 23.- Creteur J. 2008. Muscle StO<sub>2</sub> in critically ill patients. *Curr Opin Crit Care* 14(3):361-6.
- 24.- Gruartmoner G., Mesquida J., Martínez ML., Masip J., Espinal C., Artigas A., Baigorri F. 2009. Comunicación oral 22nd European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) Annual Congress. Octubre 2009, Viena.

## 8. Annexes

### Algoritme 1: grups de pacients

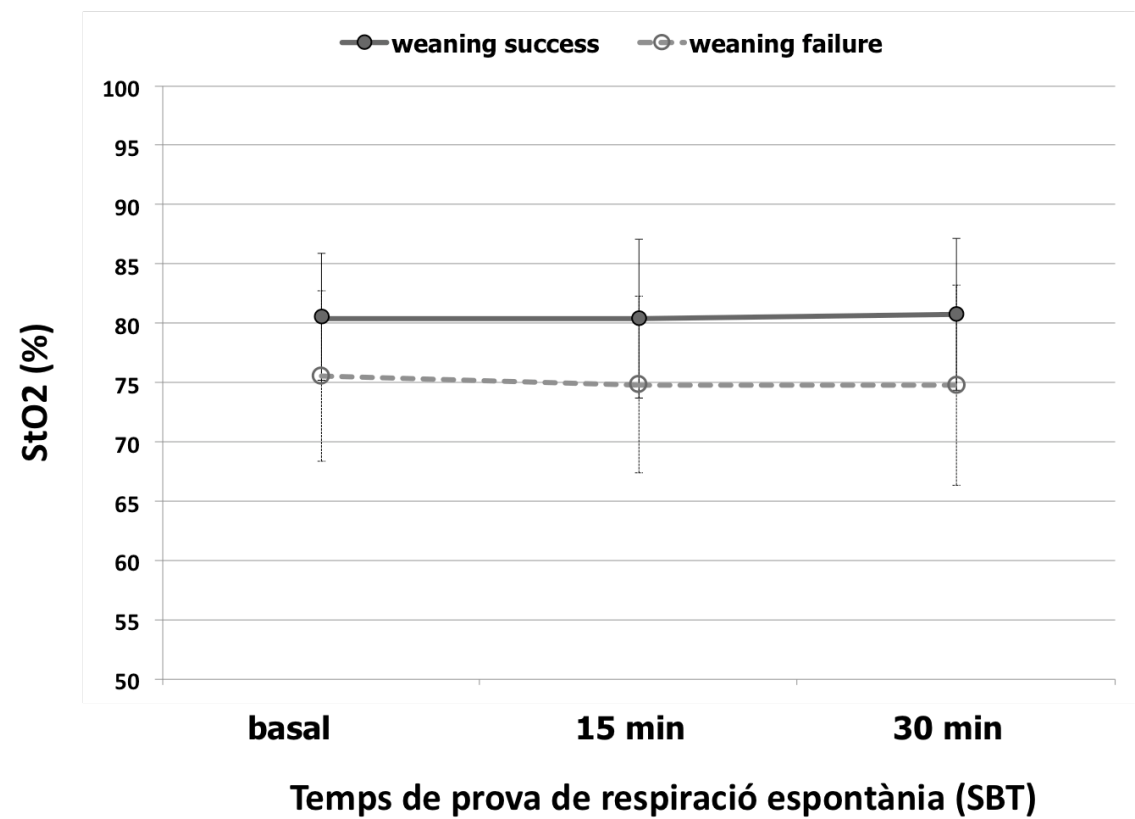




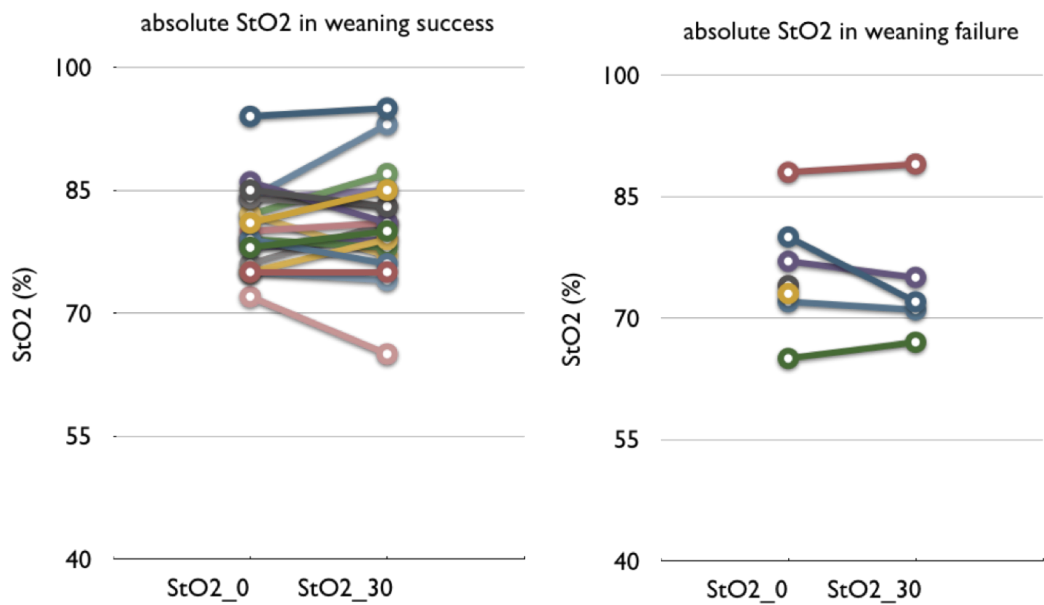
**Taula 1: característiques dels pacients durant la SBT**

	Weaning success (n = 23)		Weaning failure (n = 7)	
	Baseline	30 minutes	Baseline	30 minutes
HR (beats/min)	89 ± 17	93 ± 18	74 ± 15*	91 ± 11
MAP (mmHg)	82 ± 9	82 ± 15	81 ± 16	89 ± 23
RR (breaths/min)	18 ± 3	23 ± 6	19 ± 2	29 ± 7
SpO2 (%)	97 ± 2	95 ± 4	98 ± 2	95 ± 3
Vt (mL)	471 ± 88	470 ± 132	466 ± 60	335 ± 110
pH	7.46 ± 0.06	7.45 ± 0.08	7.46 ± 0.08	7.44 ± 0.03
pCO2 (mmHg)	34 ± 5	36 ± 7	36 ± 4	39 ± 4
BD (mmol/L)	1.1 ± 4.8	0.6 ± 4.3	2.8 ± 3.9	2.8 ± 4.1
StO2 (%)	81 ± 5	81 ± 6	76 ± 7	75 ± 8
DeOx (%/min)	-16 ± 12	-13 ± 3	-15 ± 7	-25 ± 15*
ReOx (%/min)	203 ± 78	220 ± 85	212 ± 71	296 ± 68
StO2 ratio	1.0 ± 0.05		0.98 ± 0.05	
DeOx ratio	1.04 ± 0.29		1.77 ± 0.69*	

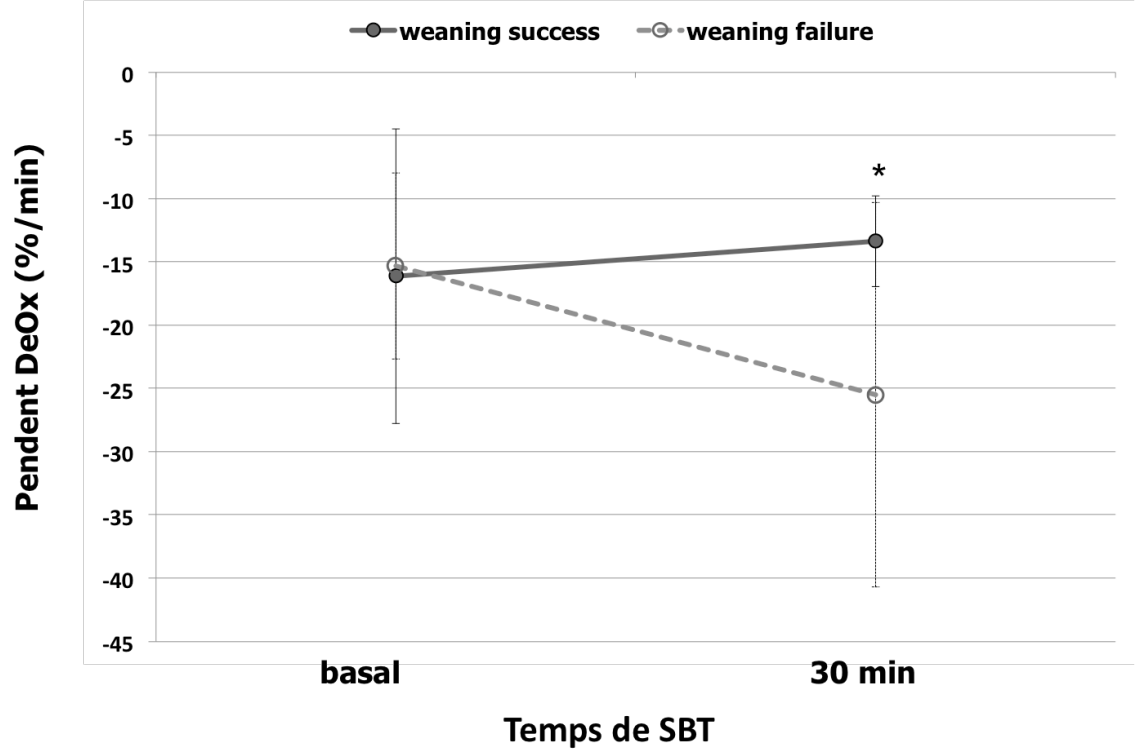
**Figura 1: StO2 durant la SBT**



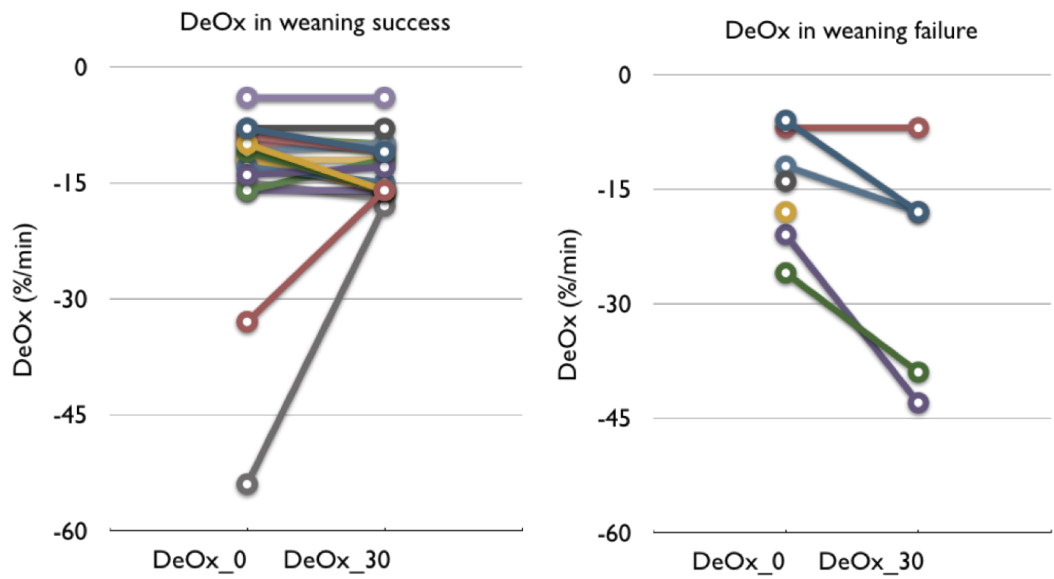
**Figura 2: StO2 durant la SBT (desglossat per pacients)**



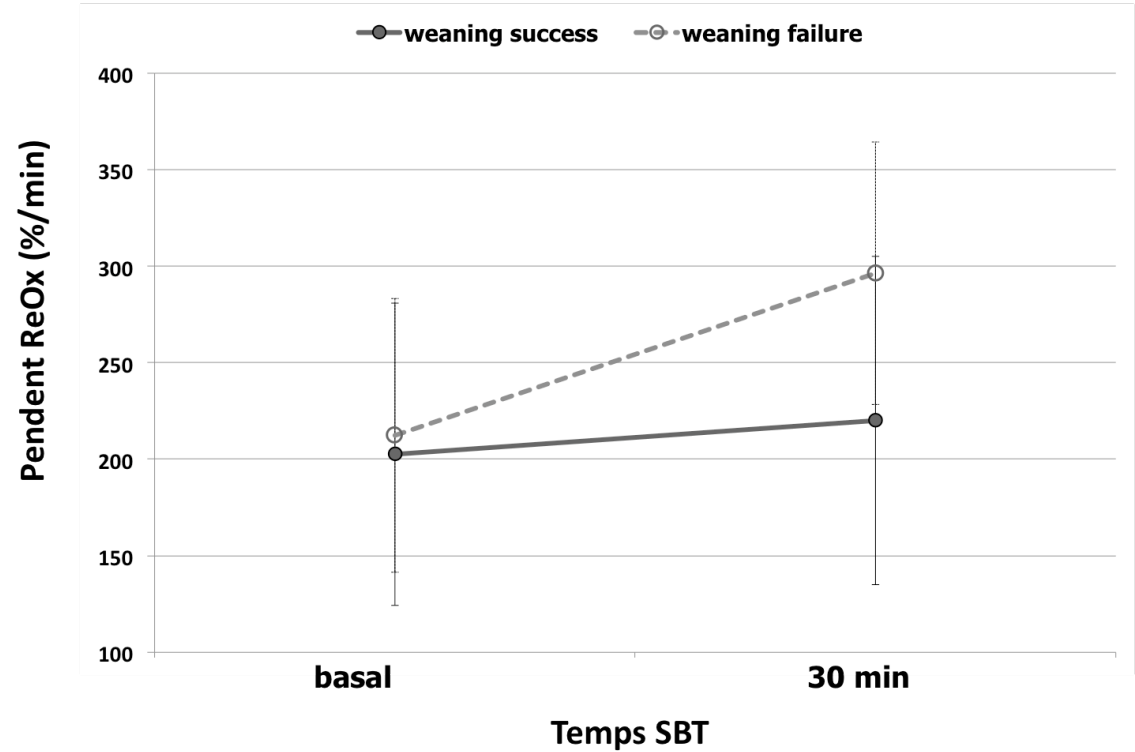
**Figura 3: Pendent DeOx durant la SBT**



**Figura 4: Pendent DeOx durant la SBT (desglossat per pacients)**



**Figura 5: Pendant ReOx durant la SBT**



**Figura 6: Curves ROC per FR/Vt i DeOx ratio**

